

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année scolaire 1930-1931 — N° 239

Le Point de Congélation du Suc Musculaire des Viandes de Boucherie

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 9 Février 1931

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Emile COSTE

Né le 28 Octobre 1904 à CHATEAUDUN-du-RHUMEL (Constantine)



LYON

BOSC Frères, M. et L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

1931

**LE POINT DE CONGÉLATION DU SUC MUSCULAIRE
DES VIANDES DE BOUCHERIE**

Le Point de Congélation du Suc Musculaire des Viandes de Boucherie

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 9 Février 1931

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Emile COSTE

Né le 28 Octobre 1904 à CHATEAUDUN-du-RHUMEL (Constantine)



LYON

BOSC Frères, M. et L. RIOU

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE VÉTÉRINAIRE DE LYON

Directeur M. CH. PORCHER.

Directeur honoraire. M. F.-X. LESBRE.

Professeurs honoraires M. ALFRED FAURE, ancien Directeur.
M. CADÉAC.

PROFESSEURS

Physique et chimie médicale, Pharmacie, Toxicologie..	MM. PORCHER
Botanique médicale et fourragère, Zoologie médicale, Parasitologie et Maladies parasitaires.....	MAROTEL
Anatomie descriptive des animaux domestiques, Téra- tologie, Extérieur	TAGAND. JUNG
Physiologie, Thérapeutique générale, Matière médicale	
Histologie et Embryologie, Anatomie pathologique, Inspection des denrées alimentaires et des établis- sements classés soumis au contrôle vétérinaire...	BALL
Pathologie médicale des Equidés et des Carnassiers, Clinique, Sémilogie et Propédeutique, Jurispru- dence vétérinaire	AUGER
Pathologie chirurgicale des Equidés et des Carnas- siers, Clinique, Anatomie chirurgicale, Médecine opératoire	DOUVILLE
Pathologie bovine, ovine, caprine, porcine et aviaire. Clinique, Médecine opératoire, Obstétrique.....	CUNY
Pathologie générale et Microbiologie, Maladies micro- biennes et police sanitaire, Clinique.....	BASSET LETARD
Hygiène et Agronomie, Zootechnie et Economie rurale.	

PROFESSEUR AGRÉGÉ

Industrie et contrôle des produits d'origine animale..... TAPERNOUX

CHEFS DE TRAVAUX

MM. COLLET, JEAN-BLAIN.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

Président : M. le Dr FLORENCE, Professeur à la Faculté de Médecine,
Chevalier de la Légion d'honneur.

Assesseurs : M. TAPERNOUX, Professeur agrégé à l'Ecole Vétérinaire.
M. Ch. PORCHER, Directeur de l'Ecole Vétérinaire, Officier
de la Légion d'honneur.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les
opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent
être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent
leur donner ni approbation ni improbation.



A MON PÈRE ET A MA MÈRE

Faible témoignage de reconnaissance
filiale.

A TOUS MES PARENTS

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR GABRIEL FLORENCE
de la Faculté de Médecine

Qui nous a fait le très grand hon-
neur de présider notre thèse.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PORCHER
Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qui a bien voulu accepter de faire
partie de notre Jury, et qui obligeam-
ment, montrant tout l'intérêt qu'il
porte à ses élèves, mit à notre dispo-
sition son laboratoire.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ TAPERNOUX

Qui nous guida dans nos expérien-
ces et dans l'élaboration de ce travail.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR TAGAND

Qui, au cours de nos études, nous
donna tant de marques de sympathie.

A MONSIEUR LE DOCTEUR HUGIER

Vétérinaire Colonel en retraite

Qui nous orienta vers la carrière
militaire.

A MONSIEUR LE DOCTEUR PLACIDI

*Vétérinaire sanitaire de la Ville de Marseille
et de l'Institut antirabique*

L'ami et le conseiller de tous les
jours.

A NOS MAÎTRES DE L'ÉCOLE DE LYON

LE POINT DE CONGÉLATION DU SUC MUSCULAIRE DES VIANDES DE BOUCHERIE

Introduction

La contribution que nous essayons d'apporter à l'étude du point de congélation des viandes de boucherie représente un des éléments d'un vaste programme qui a pour but d'appliquer systématiquement les méthodes de la physique et de la chimie à l'étude des aliments d'origine animale, et particulièrement des viandes de boucherie.

L'étude de certains aliments, comme le lait, a montré combien les méthodes physico-chimiques pouvaient être fécondes pour résoudre les questions les plus diverses qui peuvent intéresser le savant ou le technicien, et qui ont trait à la physiologie, à la pathologie, à l'hygiène ou à la répression des fraudes. En ce qui concerne les viandes, nous constatons, au contraire, à quelques exceptions près, que les auteurs n'ont pas exploité le champ immense que les méthodes physico-chimiques ouvraient à leur curiosité. Cette prudente réserve s'explique par plusieurs raisons : d'abord, si l'on effectue un parallèle entre le lait et la viande, on peut remarquer que le premier de ces

aliments a été particulièrement fouillé au point de vue chimique ; des hommes éminents comme DUCLAUX, LINDET, PORCHER, se sont attachés à nous fixer définitivement sur sa composition, sa constitution, son image. La chimie des viandes est, au contraire, assez mal connue : la constitution non résolue des protides en général, et de ceux du muscle, en particulier, nous fixe des bornes que nous ne pouvons, pour l'instant, espérer dépasser. La difficulté s'accroît des lacunes qui président à la physiologie du muscle, à son métabolisme : que représentent exactement glycogène, acide lactique, phosphore minéral et organique, matières extractives ?

Si nous reprenons notre comparaison avec le lait, nous pouvons constater que ce liquide ne représente que l'émanation d'un seul tissu, plus exactement d'une seule cellule spécialisée ; la viande, au contraire, résulte de la juxtaposition plus ou moins étroite de tissus différents : cellule musculaire différenciée, d'une part, tissu conjonctif, tissu adipeux, aponévroses, tendons, vaisseaux et nerfs, d'autre part. De plus, ces composants parfois si différents au point de vue chimique se trouvent imbibés comme une éponge par le sang, puisqu'au point de vue lymphatique le muscle se trouve dépourvu.

Enfin, alors que le lait est un liquide, facile à rendre homogène par des procédés simples, la viande est, au contraire, un solide présentant, suivant les points, des compositions variables et dans lequel il est difficile de réaliser l'échantillonnage moyen.

Malgré ces difficultés, nous estimons que l'étude physique et chimique peut seule donner des solutions

à certains problèmes qui se montrent réfractaires à d'autres disciplines. Cette étude doit aussi faire bénéficier les industries qui ont la viande comme matière première, de données particulièrement intéressantes et qu'elles ne peuvent acquérir par ailleurs. Elle doit aussi suppléer, le cas échéant, à certaines défaillances des sens chez ceux qui sont chargés de surveiller et d'expertiser la viande : l'inspection des viandes de plein air doit s'entourer, de plus en plus, du secours que lui fournit le laboratoire dans les cas embarrassants. Rien dans cette voie ne doit être négligé : Anatomie, Anatomie pathologique, Bactériologie et Sérologie, Physique et Chimie, toutes ces distinctions artificielles créées par l'homme et justifiées, d'ailleurs, plus par des différences de technique que par des sauts de la nature, doivent se donner la main pour dicter d'une façon plus impérieuse sa conduite à l'Hygiéniste chargé du contrôle des viandes.

On a dit et écrit que l'Inspection des Viandes était un Art : cela suppose que le vétérinaire inspecteur est un savant, car ne peut être artiste que celui qui sait beaucoup et qui établit des rapports judicieux entre ses connaissances.

Le programme que nous nous étions tracé tout d'abord comportait la détermination du point de congélation du suc musculaire des différentes espèces de Boucherie, dans les diverses conditions variables que l'on pouvait envisager, puis l'application des données recueillies à l'étude de certaines questions : maturation, viandes anormales, putréfaction, etc... Bien vite nous nous sommes aperçus que ce programme était

incompatible avec la discipline qui est actuellement imposée aux élèves des Ecoles Vétérinaires qui sont entrés dans l'Armée pour y réaliser leur carrière.

En effet, en quatrième année d'étude, les cours ne nous laissent aucun loisir d'expérimentation, et sitôt cette année terminée, l'Ecole de Saumur nous absorbe, nous éloignant définitivement, ou presque, des Laboratoires des Ecoles Vétérinaires. Enfin, notre thèse doit être soutenue, au plus tard, le premier mars qui suit notre sortie de l'Ecole Vétérinaire, ce qui a pour effet de rendre impossible, ou presque, l'élaboration de thèses expérimentales.

Nous nous sommes donc bornés à établir, pour chaque espèce, le point de congélation du suc musculaire, préparé dans des conditions que nous fixerons plus loin, à étudier la variation de ce point de congélation à partir de l'abatage jusqu'à la période de maturation, à discuter les résultats que nous avait fournis l'expérimentation, en laissant à d'autres le soin d'utiliser ces données pour chercher à expliquer certains états anormaux de la viande afin de fixer l'étiologie et le processus des diverses altérations.

Notre travail doit donc être considéré comme un document simple et notre seule ambition serait de voir appliquées les données qu'il contient, et dont l'importance nous semble suffisante pour justifier un travail de thèse de Doctorat-Vétérinaire.

Nous adressons nos respectueux remerciements à M. le Professeur G. FLORENCE pour avoir accepté la présidence de notre Jury de Thèse. A M. le Professeur Agrégé A. TAPERNOUX, qui nous a guidé et orienté au

cours de nos recherches, nous exprimons toute notre reconnaissance et nous nous estimerons très heureux si notre travail peut lui aider à pousser plus avant l'étude physico-chimique de la viande.

Nos déferents sentiments de reconnaissance vont également à M. le Directeur de l'Ecole Vétérinaire de Lyon, M. le Professeur Ch. PORCHER qui, par son exemple et sa très haute autorité, donne à notre Ecole qui fut la première créée au monde, toute le rayonnement qu'elle se doit de posséder. C'est lui qui, vu l'absence de Laboratoire pour l'enseignement des Industries Animales, au moment où nous avons pratiqué nos expériences, nous a très obligeamment accueilli au Laboratoire de Chimie et nous a permis de réaliser notre travail, en plein accord avec son élève, M. le Professeur Agrégé A. TAPERNOUX. Nous sommes flatté et nous considérons comme un honneur qu'il ait accepté de faire partie de notre Jury.

CHAPITRE PREMIER

Principes et applications de la cryoscopie

Définition

On entend par *cryoscopie* (étymologie : *Kpvos*, glace - *skopein*, examiner), l'étude du point de congélation des solutions. Il est de connaissance courante que les substances dissoutes dans un solvant abaissent le point de congélation du solvant pur. Cet abaissement du point de congélation est un phénomène physique très général, de même que l'élévation du point d'ébullition des solutions (ébullioscopie), et la diminution de leur tension de vapeur (tonométrie).

On désigne sous le nom d'*abaissement du point de congélation*, et on représente par le symbole Δ la différence entre la température de congélation du solvant pur et celle de la solution.

$$\Delta = t - t'$$

Comme dans l'étude des liquides d'origine biologique, le solvant est l'eau dont la température de

congélation est $t = 0^\circ$ centigrade à la pression atmosphérique, l'abaissement Δ représente, en réalité, la température de congélation de la solution.

Ainsi, le Δ du sérum sanguin, qui est remarquablement fixe, a pour valeur $- 0^\circ 55$, ce qui signifie que c'est à la température $t' = - 0^\circ 55$ que la congélation de ce liquide se produit, ou plus exactement, commence à se produire.

LOIS DE LA CRYOSCOPIE.

C'est à **RAOULT** (1830-1903), Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble, que l'on doit l'étude expérimentale systématique des phénomènes cryoscopiques. Ce savant, qui étudia spécialement les solutions étendues, qui répondent par leur concentration aux solutions d'ordre biologique, mit en évidence un certain nombre de faits qu'il est utile de rappeler. Il montra tout d'abord que, quel que soit le corps dissous (solide, liquide ou gaz), et le dissolvant employé, la congélation de la solution se produit toujours à une température inférieure, au point de congélation du solvant pur, et les *cristaux qui se forment tout d'abord sont constitués par le dissolvant pur*. Quelques cas font exception à cette règle très générale ; ce sont ceux où, solvant et corps dissous sont isomorphes, ou bien lorsqu'ils possèdent des propriétés chimiques très voisines.

Etudiant les solutions diversement concentrées d'un même corps, **RAOULT** mit en évidence le fait que l'abaissement du point de congélation dépend de la *concentration* de la solution. Il faut entendre par

concentration le poids du corps dissous dans 1 gr. de solvant, ou en exprimant cette valeur d'une façon

plus générale, la concentration est le rapport $\frac{p}{P}$ du

poids p grammes de corps dissous dans P grammes de solvant.

Si le corps dissous n'est pas un *électrolyte*, c'est-à-dire si la molécule de ce corps ne se dissocie pas en ions dans les solutions, *l'abaissement du point de congélation est proportionnel à la concentration de la solution, et inversement proportionnel à la masse moléculaire du corps dissous*. On peut écrire :

$$\Delta = K \times \frac{p}{P} \times \frac{1}{M}$$

Dans cette formule M représente la masse moléculaire du corps dissous, et K un coefficient qui ne dépend que du dissolvant, et dont la valeur est donnée par le tableau suivant pour les principaux dissolvants :

Valeur de K

Eau	1850
Acide acétique	3900
Benzène	4900
Phénol	6750

Si nous envisageons plus particulièrement les solutions aqueuses, les plus intéressantes pour nous, nous remarquons que si la solution renferme une molécule gramme dans 1.000 grammes de solvant (c'est-à-dire pratiquement un litre), l'application de la formule (1) nous donne :

$$\Delta = - 1^{\circ}85$$

C'est-à-dire que la solution précédente commence à se congeler à $-1^{\circ}85$. De plus, si nous envisageons plusieurs corps, non électrolytes, les diverses solutions de ces corps renfermant une molécule gramme pour 1.000 gr. de solvant, ont le même point de congélation $-1^{\circ}85$.

Plus généralement, si nous envisageons plusieurs corps A. B. C... non électrolytes de masses moléculaires, M_A , M_B , M_C ... et que nous dissolvions dans un poids P de solvant des poids p_A , p_B , p_C ... des corps A, B, C... tels que

$$\frac{p_A}{M_A} = \frac{p_B}{M_B} = \frac{p_C}{M_C} \dots\dots = a$$

toutes les solutions obtenues présenteront le même point de congélation. L'hypothèse d'AVOGADRO nous montre que toutes les solutions précédentes renferment le même nombre de molécules dissoutes dans le poids P de solvant envisagé. Ces solutions sont dites *équimoléculaires*.

On peut donc dire que *l'abaissement du point de congélation d'une solution étendue est proportionnel au nombre de molécules dissoutes dans 1 gramme de solvant et ne dépend pas de la nature de ces molécules*.

Les valeurs $\frac{p_A}{M_A} = \frac{p_B}{M_B} = \frac{p_C}{M_C} = \dots\dots = a$ sont

désignées sous le nom de *concentration moléculaire*. L'abaissement du point de congélation est donc, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel à la concentration moléculaire de la solution.

Si nous appelons n le nombre de molécules dissoutes dans 1 gr. de solvant, et R une constante, nous pouvons écrire :

$$\Delta = R \times n$$

CAS DES ÉLECTROLYTES.

Les électrolytes ne suivent pas les lois précédemment formulées. L'abaissement expérimental déterminé est plus fort que la valeur donnée par le calcul. Cette anomalie est due à la dissociation électrolytique subie par ces corps au sein des solutions, et on admet que chacun des ions dissociés fonctionne comme une molécule complète. Si nous appelons α le degré de dissociation de l'électrolyte que l'on peut mesurer à une dissolution déterminée par l'utilisation des conductibilités moléculaires, et si p est le nombre d'ions que peut fournir l'électrolyte, la formule de **RAOULT** doit être modifiée par l'emploi d'un coefficient. Elle devient :

$$\Delta = i \times R \times n$$

$$\text{avec } i = (p-1) \alpha + 1$$

Le coefficient i est souvent appelé *coefficient de de Vant'Hoff*.

RELATIONS ENTRE L'ABAISSEMENT DU POINT DE CONGÉLATION ET LA PRESSION OSMOTIQUE DES SOLUTIONS.

Nous connaissons une autre propriété des solutions étendues qui obéit à des lois à peu près semblables à celles que nous avons énoncées pour l'abaissement du point de congélation. Il s'agit de la *pression osmo-*

tique. Lorsqu'on met en solution un ou plusieurs corps dans un solvant, la dissolution acquiert un état particulier de tension qui se manifeste dans les divers appareils connus sous le nom d'osmomètres par l'équilibration de colonnes liquides de hauteur plus ou moins grande. La pression osmotique, comme l'abaissement du point de congélation, est indépendante de la nature du corps dissous, et proportionnelle au nombre de molécules dissoutes dans l'unité de volume du solvant. Cette pression dépend, en outre, de la température, et la relation entre ces variables s'exprime par la formule $P V = R T$ qui est identique à la formule des gaz parfaits.

De même encore, la dissociation électrolytique produit les mêmes perturbations aux lois de la pression osmotique, que celles que nous avons observées en ce qui concerne l'abaissement du point de congélation : la correction s'effectue comme pour le point de congélation, en faisant intervenir dans les formules un coefficient i , de Vant'Hoff.

Deux solutions équimoléculaires sont à la fois isocryoscopiques et isosmotiques : on les désigne sous le nom de solutions isotoniques. Ces analogies présentent une grande importance pratique, car la mesure directe des pressions osmotiques est assez délicate, alors que la prise du point de congélation est particulièrement aisée. Aussi, en ce qui concerne les liquides biologiques, c'est surtout à la méthode cryoscopique que l'on s'adresse.

CAS DES SOLUTIONS COMPLEXES

Les solutions qui renferment plusieurs corps dissous se comportent comme si chaque corps intervenait pour donner à l'abaissement définitif du point de congélation la part qui lui est propre, compte tenu de sa concentration dans la solution. L'abaissement final représente une somme d'abaisséments partiels. Il en est de même, aux termes près, en ce qui concerne la pression osmotique. Dans les liquides biologiques, on trouve en dissolution des cristalloïdes ionisés ou non, et en pseudo-solution, des corps complexes, notamment des protides qui sont à l'état colloïdal. Ceux-ci interviennent, pour une faible part, il est vrai, mais non négligeable, dans l'abaissement cryoscopique et dans la pression osmotique de la solution.

Les cristalloïdes ionisés des solutions complexes ne se comportent plus comme s'ils étaient seuls, surtout lorsque plusieurs présentent des ions communs : leur degré de dissociation se trouve modifié par ce voisinage et il devient assez difficile de reconnaître la part exacte que prennent chacun d'eux à l'abaissement total.

APPLICATIONS DE LA CRYOSCOPIE.

Les applications de la cryoscopie sont nombreuses : la méthode permet la détermination des concentrations moléculaires réelles et équivalentes, la détermination des poids moléculaires, la mise en évidence des réactions chimiques dans les mélanges complexes. Cette dernière application est particulièrement inté-

ressante en Biologie ; la plupart des réactions que nous sommes appelés à observer résultent de la scission ou de la désintégration de molécules complexes qui se transforment en molécules plus petites et plus nombreuses, ce qui amène des modifications du point de congélation. Elle pourrait être utilisée avec profit en Bactériologie comme méthode d'exploration des réactions biochimiques dues aux microbes.

Le milieu intérieur des animaux présente, chez les mammifères, une constance à peu près absolue de la concentration moléculaire, qui se traduit par une pression osmotique et un point de congélation indépendants des circonstances extérieures. Cette constance de la concentration moléculaire du milieu intérieur s'étend aux reptiles, aux oiseaux, aux amphibiens et à certains poissons. Tous ces animaux sont désignés sous le nom d'*homoïsosmotiques*.

Au contraire, les animaux inférieurs (coelentérés, échinodermes, crustacés) présentent un milieu intérieur dont la concentration moléculaire subit les fluctuations du milieu extérieur : les animaux de cette catégorie, s'ils sont marins, ont un point de congélation du milieu intérieur voisin de celui de l'eau de mer ($\Delta = -2^{\circ}3$ environ) ; s'ils vivent en eau douce, le point de congélation se rapproche de 0° tout en restant inférieur : ils méritent donc bien le nom de *poïkilosmotiques* qu'on leur donne quelquefois.

La concentration moléculaire de certains organes ou liquides varie suivant les phénomènes chimiques qui s'y déroulent : on a noté, par exemple, que les œufs de grenouille qui, dans l'ovaire, ont un point de con-

gélation égal à celui du sang de grenouille, présentent une diminution considérable de leur concentration moléculaire après la fécondation, et il est prouvé que cette modification résulte, en partie, de phénomènes de condensation moléculaire, c'est-à-dire de l'élaboration de molécules complexes.

Le sérum sanguin des mammifères présente un point de congélation fixe, voisin de $\Delta = -0^{\circ}56$. D'autres liquides ou sécrétions, notamment le lait, la bile, certaines sérosités et exsudats pathologiques, les épanchements pleurétiques et ascitiques présentent à peu près la même concentration moléculaire que le sérum sanguin : on les appelle *liquides isotoniques*. D'autres, au contraire, notamment l'urine, le liquide céphalo-rachidien, la salive, présentent des concentrations moléculaires variables et sont appelés *liquides allotoniques*.

L'examen cryoscopique des urines a permis de compléter les méthodes d'exploration rénale et de fixer la perméabilité de cet organe: les travaux de BOUCHARD ont fait la discrimination entre les molécules élaborées et les molécules non élaborées ; on a établi des rapports qui présentent des variations au cours des divers états pathologiques et qui permettent d'envisager pour ces états un pronostic scientifique.

En ce qui concerne le lait, les recherches de WINTER ont montré que le point de congélation du lait pur est voisin de $-0^{\circ}55$. La concentration moléculaire de ce liquide diminue par le mouillage, mais non au cours des états pathologiques de la mamelle : cette notion a permis à MATHIEU et FERRÉ l'élaboration de leur

constante moléculaire simplifiée. Plus récemment, les travaux de Ch. PORCHER et CHEVALLIER ont permis, par l'utilisation de la méthode synthétique si féconde, de rapporter à chaque composant du lait la part qui lui revient dans l'abaissement total du point de congélation observé. Les recherches de Ch. PORCHER, qui constituent un exemple que l'on devrait suivre pour chaque liquide de l'organisme, permettent actuellement de solutionner toutes les questions de concentration moléculaire se rapportant au lait.

En ce qui concerne les extraits d'organe, et particulièrement le suc ou sérum musculaire, les recherches systématiques sont rares. BIDAULT signale que le suc extrait à la presse a un point de congélation variant entre $-0^{\circ}7$ et $-1^{\circ}2$. Aucun renseignement n'est trouvé en ce qui a trait aux variations de la concentration moléculaire de ce suc, dans les diverses espèces, et suivant les diverses circonstances physiologiques et pathologiques, ainsi qu'au cours des altérations du tissu musculaire, ce que l'on observe si fréquemment sur les viandes de boucherie. Il y a là un chapitre vraiment inexploré et cette raison est la principale qui nous a guidé dans le choix de notre travail.

CHAPITRE II

Le suc musculaire

MODE D'OBTENTION.

Pour extraire le suc musculaire, nous avons employé une presse à viande d'un modèle simple, et constituée par un récipient métallique cylindrique de 10 centimètres environ de hauteur, et de diamètre égal, qui repose sur un bâti en fonte surmonté de deux tiges de même métal parallèles aux parois du récipient, et réunies au sommet en arcade. Cette dernière, percée en son centre d'un orifice taraudé, livre passage à une tige filetée d'un diamètre de 7 à 8 mm. dont la partie inférieure porte un disque d'acier nickelé, d'une épaisseur de 1 centimètre, et mobile, au moyen d'une vis à ailettes placée sur l'arcade, à l'intérieur du récipient dont les parois forment glissière.

On dispose également de grilles au nombre de 8 à 10 de même diamètre que le disque. La partie inférieure du récipient porte un orifice, muni d'une sorte de bec d'aiguère, destiné à permettre l'écoulement

du suc musculaire qui sera obtenu par pression de la viande, de la façon suivante : la moitié des grilles placées au fond de la presse, grâce à son épaisseur, masque l'orifice du trou d'écoulement et forme le support de la viande qui, coupée au préalable en morceaux de la grosseur d'un pouce, est introduite dans la presse et recouverte de l'autre moitié des plaques grillagées. La viande est donc séparée du fond du récipient par les grilles inférieures, et isolée du disque par les grilles supérieures. Les premières empêcheront tout passage par l'orifice inférieur de la moindre parcelle des fibres musculaires, — les secondes permettront d'éviter que le tissu musculaire comprimé assez fortement se déplace vers les zones de moindre compression, ce qui entraverait l'écoulement du suc.

Le suc musculaire, extrait par pression, sera recueilli dans une coupelle de porcelaine dont le fond sera soigneusement lavé à l'eau distillée et essuyé avec un linge propre.

On comprendra très vite pour quelle raison nous n'avons pas poussé plus loin l'extraction par une addition d'eau ; cette dernière, en effet, aurait eu pour conséquence de diluer le premier suc obtenu, en faisant varier la concentration moléculaire, ce qui aurait amené une variation du point de congélation. Le seul désavantage a été la nécessité d'avoir de plus grosses quantités de muscle à notre disposition pour obtenir une quantité de suc nécessaire et suffisante à nos expériences.

Ayant ainsi indiqué la manière d'obtenir le suc, il est intéressant de donner quelques renseignements sur ses propriétés principales.

CARACTÈRES DU SUC MUSCULAIRE.

Propriétés physiques. — Le suc obtenu par expression est un liquide peu visqueux, de coloration rouge rubis, sans odeur, et de saveur fade, mais agréable.

Les mesures que nous avons faites concernant la densité du suc musculaire nous ont donné les chiffres suivants :

Boeuf D = 1,02635

Cheval D = 1,03202

Chèvre D = 1,02122

soit des différences minimales pour ces trois espèces. Ces divers nombres nous montrent que le suc musculaire peut être considéré comme une solution aqueuse de matières diverses que nous indiquerons plus loin. Quant à la couleur, rouge rubis, elle rappelle celle du sang artériel. La viscosité est à peu près la même pour les diverses espèces de viande de boucherie.

La concentration en ions H du suc musculaire a été particulièrement étudiée, notamment par CAMUS dans sa thèse vétérinaire ; chez l'animal vivant, le pH musculaire est alcalin, mais sitôt après l'abatage le suc musculaire devient acide et le pH peut monter à une valeur de 5,5, puis, lorsque la viande commence à se putréfier, on observe que l'acidité ionique diminue et le pH peut tomber jusqu'à 7 et au delà, dans la zone d'alcalinité.

Propriétés chimiques. — Les analyses du suc musculaire effectuées par Armand GAUTIER donnent les

chiffres moyens suivants. Pour 100 centimètres cubes de suc musculaire, on obtient :

Extrait sec	6 gr., dont
Albuminoïdes	1 gr. 07
Sels minéraux.....	0 gr. 89
Matières indéterminées extractives	4 gr. 77

(PIETTRE). On voit par ces résultats que ce suc est relativement riche en matières solubles.

Les albuminoïdes musculaires sont constituées par de la *myoalbumine*, substance voisine de l'albumine du sérum sanguin, qui est soluble dans l'eau, et qui forme les spumosités des bouillons de viande. On trouve aussi de la *myohémoglobine*, pigment très voisin de l'oxyhémoglobine des hématies et qui donne au suc sa coloration rouge rubis ; le spectre de la myohémoglobine est identique à celui de l'oxyhémoglobine, mais ses bandes seraient rejetées légèrement vers le rouge, d'après H. GOUNNENQ. L'hématine préparée à partir de la myohémoglobine est en tous cas identique à celle obtenue à partir du sang. La différence tient vraisemblablement à la globine. Enfin, le suc musculaire renferme aussi des peptones à l'état de traces.

Les matières extractives du suc musculaire comprennent des bases azotées dont la *créatine* est la plus importante, des bases puriques (hypoxanthine, xanthine et guanine), et des corps non azotés, comme l'acide lactique, ou plutôt le mélange d'acides lactiques primaire et secondaire. On trouve aussi des complexes phosphorés organiques, auxquels on a voulu faire jouer un rôle important dans le métabolisme des

glucides musculaires. On trouve également, à l'état de traces, des glucides réducteurs, qui disparaissent d'ailleurs assez rapidement.

Les sels minéraux du suc musculaire comprennent tout d'abord des chlorures de sodium et de potassium, dont la dose exprimée en NaCl ne dépasse pas 0 gr. 1 à 0 gr. 2 pour 100 cc., des traces de sulfates, et surtout du phosphate bipotassique.

Propriétés physiologiques et thérapeutiques. — Les propriétés physiologiques du suc musculaire se rapprochent de celles des bouillons concentrés et des extraits de viande. Il est très facilement digestible et a été préconisé dans les cas où l'ingestion de viande en nature amène des troubles digestifs. Pris au début du repas, il exalte la sécrétion du suc gastrique et facilite la digestion. Par contre, son usage immodéré peut amener des troubles d'intoxications qui sont dus à sa teneur en bases azotées (créatine, sarcine), lesquelles se montrent toxiques chez les animaux d'expérience.

En inoculation sous-cutanée, chez les animaux d'expérience, il détermine notamment chez le lapin des réactions locales souvent considérables et parfois des phénomènes généraux, se traduisant, si les inoculations sont répétées, par de l'amaigrissement et de la cachexie. Le sérum des animaux ainsi traités acquiert des propriétés précipitantes pour les extraits de muscle de l'espèce animale envisagée : les protides du suc musculaire sont des *antigènes* et ce suc peut servir de matière première pour préparer des sérums

précipitants spécifiques, qui servent au diagnostic de l'espèce dans les préparations de charcuterie.

Au point de vue thérapeutique, signalons que Ch. RICHET a recommandé l'utilisation du suc musculaire pour assurer la suralimentation des affaiblis, notamment dans le cas de la tuberculose.

CHAPITRE III

La technique cryoscopique appliquée au suc musculaire

Nous avons employé au cours de nos expériences un cryoscope à glace construit de la façon suivante :

Un flacon cylindrique A contient une éprouvette B de diamètre moindre, de telle sorte qu'il soit possible d'intercaler entre les deux un mélange réfrigérant constitué de glace concassée et de gros sel.

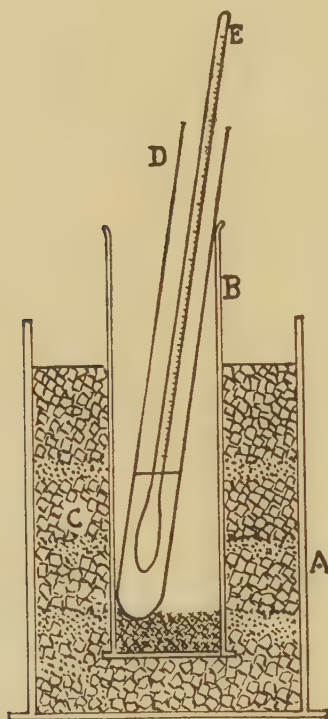
Le fond de l'éprouvette est garni d'une couche de laine de verre sur laquelle reposera le tube à expérience D, qui n'aura ainsi aucun contact direct avec le cryoscope.

Nous avons pensé qu'il était inutile d'employer rigoureusement les mélanges réfrigérants conseillés par CHANOT, constitués par de la glace en morceaux (les morceaux ayant la grosseur d'une noix) et un poids

à peu près égal de l'une des solutions de NaCl suivantes :

Une solution à 3 % pour obtenir 1°30			
—	5 %	—	2°20
—	8 %	—	3°80
—	10 %	—	4°80

et nous avons simplement mis des couches alternantes de glace et de gros sel de cuisine, ayant soin toutefois



que ce dernier soit dans la proportion d'un quart ou d'un cinquième pour que la température du mélange ne dépasse guère -2° ou -3° .

Nous avons, en outre, employé un thermomètre à cryoscopie E, c'est-à-dire gradué en cinquantième de degré, avec une graduation s'étendant entre 4° et $+ 1^{\circ}$. Nous avons placé le suc musculaire extrait comme il est dit plus haut, dans un tube à essai, et introduit ce dernier par sa partie inférieure dans une grosse capsule contenant la glace concassée, afin d'amener le suc musculaire aussi près que possible de zéro. L'avantage fut d'opérer ensuite une détermination plus rapide.

Nous avons aussi, avant chaque mesure cryoscopique, vérifié le zéro de notre thermomètre, en prenant le point de congélation de l'eau bidistillée du laboratoire, afin d'éliminer toute erreur provenant du travail du verre, postérieur à la graduation, et ayant pour conséquence une rétraction, une diminution de volume de la cuvette thermométrique — ce qui amène un affleurement de la colonne mercurielle vers une graduation $+ X$ par rapport au zéro.

Nous avons protégé la cuvette thermométrique d'un petit panier en treillis de platine, et avons adjoint à notre matériel d'expérience un petit agitateur en verre, indispensable pour agiter le liquide dont nous nous proposons de déterminer le point de congélation, le suc musculaire.

Comme il était nécessaire que ce suc recouvre complètement la cuvette du thermomètre, il fallait avoir une hauteur de liquide suffisante. Avec de gros tubes de laboratoire, nous aurions eu des difficultés. Nous les avons donc éliminées en prenant simplement des tubes de 20 millimètres environ de diamètre, et c'est

ainsi que nous avons gagné en hauteur de liquide ce que nous avons perdu en surface — et de cette manière, un volume de 25 à 30 cmc. de suc musculaire a suffi pour que nous puissions faire une expérience, ces 25 à 30 cmc. représentant le produit d'extraction d'un poids de viande que nous évaluons à environ 90 à 120 grammes, c'est-à-dire un rendement de 35 à 40 %.

Notre cryoscope étant prêt, et nos tubes contenant le suc musculaire étant placés dans la glace fondante, pour opérer une mesure, il nous suffisait de prendre un tube, d'en essuyer rapidement la partie inférieure et de l'introduire en entier à l'intérieur du cryoscope.

Le thermomètre plongé dans la masse du liquide n'éprouvait aucun changement de niveau, mais au bout de cinq à dix minutes, nous constatons une descente très lente du mercure. Nous ne cessons pas d'agiter pour que l'action du mélange réfrigérant se fasse sentir à tous les points du contenu du tube. Lorsque le sommet de la colonne mercurielle arrivait au voisinage de la graduation — $1^{\circ}50$, nous projetions à l'intérieur du suc une très petite parcelle de glace pour faire cesser le phénomène de surfusion dont le liquide était le siège, et c'est ainsi que nous constatons une ascension de la colonne mercurielle dont le sommet atteignait un niveau variable, pour s'y fixer, la graduation en regard indiquant le point de congélation du suc, que nous voulions étudier. Nous avons presque toujours opéré une vérification de l'exactitude de ce point, en expérimentant une seconde fois — nous n'avons relevé que des différences de l'ordre du centième de degré.

Ainsi que nous le disions plus haut, nous projetions un fragment de glace pour faire cesser la surfusion, nous nous sommes ainsi demandé si cette addition de dissolvant n'était pas susceptible d'entacher d'erreur les résultats de nos mesures. Nous ne le croyons pas, car si nous considérons le volume du liquide étudié, soit 25 à 30 cmc., et celui du fragment de glace qu'il faut évaluer au maximum à $1/20^{\circ}$ de cm^3 , nous voyons que le rapport $1/500^{\circ}$ est très grand, par suite, l'augmentation de volume vraiment négligeable, ce qui nous permet d'affirmer que, pratiquement, la concentration du liquide étudié n'a pas varié, et, par conséquent, son point de congélation qui est sous la dépendance de cette concentration.

CHAPITRE IV

Résultat des expériences et discussion

Nous avons appliqué la technique que nous venons de décrire à la détermination du point de congélation du suc musculaire chez divers animaux de boucherie. Une étude complète de la question aurait nécessité de multiples déterminations, dans chaque espèce, suivant la région anatomique, les morceaux, à l'état physiologique et pathologique à diverses périodes, depuis le moment de l'abatage jusqu'à celui où la viande entre en putréfaction. Le temps limité dont nous disposons est cause que nous n'apportons sur la question qu'un document incomplet, mais nous avons, du moins, pu établir, à la lumière de nos déterminations, certains points de repère qui pourront servir à des recherches ultérieures.

1° **VIANDÉ DE BŒUF.** — Nous avons pu réaliser sur le suc musculaire de cet animal deux séries d'expériences :

Dans la première, nous disposions d'un morceau d'aloiau, provenant d'un animal sacrifié en bon état, dont le poids était de 4 kilogs.

La moitié de cette quantité a été laissée à la température du laboratoire et a été examinée à des temps différents après l'abatage. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Temps écoulé depuis l'abatage	Observé
5 heures	— 0°81
5 heures 1/2	— 0°82
6 heures	— 0°83
23 heures	— 0°97

Ce premier résultat se trouve bien dans les limites tracées par BIDAULT et nous notons une variation considérable entre le point de congélation initial et celui de la fin de l'expérience. Cette variation atteint 0°16.

Chaque détermination a été effectuée à plusieurs reprises, malheureusement ne peut être plus avant poursuivie, la viande présentant, au bout de 24 heures, une odeur de relent qui indique une putréfaction microbienne due à la température élevée de la saison. Nous vérifions d'ailleurs par des préparations microscopiques la présence de germes divers dans la viande.

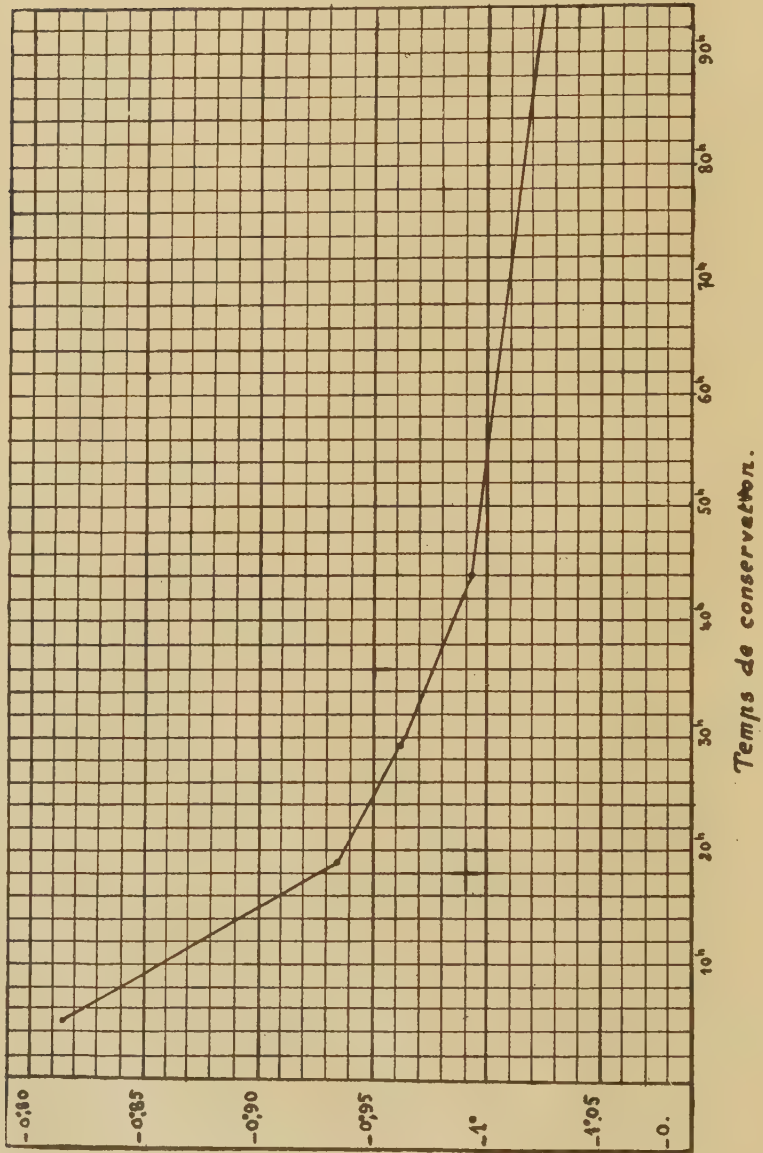
Nous avons pu expérimenter plus longtemps sur le morceau laissé à la glacière : nous avons réalisé plusieurs prélèvements en des points différents afin d'établir une moyenne des valeurs, et voici les résultats obtenus :

Temps écoulé depuis l'abatage		Δ Observé
5 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°81
—	2 ^e prélèvement.	— 0°82
19 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°94
—	2 ^e prélèvement.	— 0°93
29 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°95
—	2 ^e prélèvement.	— 0°96
—	3 ^e prélèvement.	— 0°98
44 heures.	1 ^{er} prélèvement.	0°98
—	2 ^e prélèvement.	0°99
—	3 ^e prélèvement.	1°00
92 heures.	1 ^{er} prélèvement.	1°02
—	2 ^e prélèvement.	1°02
—	3 ^e prélèvement.	1°03
—	4 ^e prélèvement.	1°03

Nous faisons immédiatement remarquer que le séjour de cette viande a eu lieu dans une simple glacière de laboratoire : l'Ecole Vétérinaire ne possède pas d'armoires frigorifiques, qui seraient cependant si nécessaires à l'expérimentation et à la conservation des pièces altérables. L'atmosphère de la glacière était particulièrement humide et il faut donc éliminer, pour expliquer les variations observées, l'hypothèse d'une dessiccation partielle que l'on pouvait peut-être faire entrer en ligne de compte pour le morceau laissé à la température du laboratoire. Nous nous bornons, pour l'instant, à enregistrer le fait que la concentration moléculaire du suc musculaire augmente progressivement à partir de l'abatage, ce qui se traduit par une différence de — 0°22 entre les points de congélation

COURBE DE LA VARIATION
Aloyau de bœuf conservé en glacière
(Température $+10^{\circ}$)

Aloyau de Boeuf conservé en glacière (Température $+10^{\circ}$).



extrêmes observés. Cette augmentation de la concentration moléculaire ne peut être imputée à la dessiccation.

Pour compléter nos résultats, en ce qui concerne le bœuf, nous signalerons une deuxième série d'expériences au cours de laquelle nous avons pu examiner un morceau d'ilio-spinal provenant d'une vache saisie à l'abattoir de la Mouche pour tuberculose avec cachexie. Nous avons laissé séjourner ce morceau à la glacière et nous avons obtenu les résultats suivants :

Temps écoulé depuis l'abatage	Observé
16 heures	— 1°10
48 heures	— 1°12
64 heures	— 1°13
88 heures	— 1°12

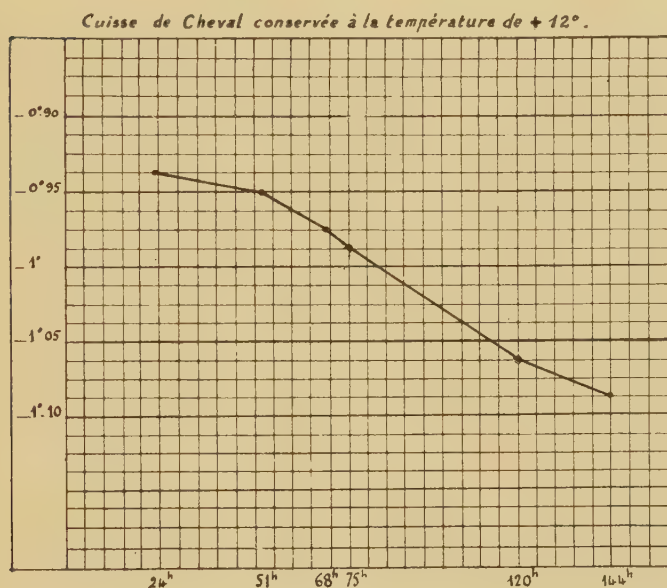
Nous ne voulons tirer aucune conclusion de cette expérience que nous citons simplement à titre documentaire : nous ne serions pas surpris que le suc musculaire des animaux cachectiques présentât, d'une façon générale, une concentration moléculaire plus élevée que celle du muscle normal, ce qui confirmerait le résultat que nous avons trouvé. En effet, les animaux cachectiques sont en voie de désassimilation active, et celle-ci se traduit par la destruction des molécules complexes des tissus, qui donnent des molécules plus simples et plus nombreuses qui viennent augmenter, en raison de leur solubilité, la concentration moléculaire du suc musculaire.

2° LA VIANDE DE CHEVAL. — Nous avons pratiqué sur un morceau de cuisse de cheval les mêmes expériences systématiques que nous avons poursuivies chez le bœuf. Cette fois, le morceau, en raison de la température extérieure, avait été laissé à l'air, dans une salle non chauffée, à la température moyenne de 12°. Nous avons simplement pris la précaution de recouvrir le muscle en expérience d'une grande cloche de verre afin d'éviter l'évaporation. Les résultats que nous avons obtenus sont indiqués dans le tableau suivant :

Temps écoulé depuis l'abatage		Δ Observé
24 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°93
—	2° prélèvement.	— 0°94
—	3° prélèvement.	— 0°94
51 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°94
—	2° prélèvement.	— 0°96
—	3° prélèvement.	— 0°96
68 heures.	1 ^{er} prélèvement.	0°97
—	2° prélèvement.	0°97
—	3° prélèvement.	0°97
75 heures.	1 ^{er} prélèvement.	0°97
—	2° prélèvement.	0°98
120 heures.	1 ^{er} prélèvement.	1°05
—	2° prélèvement.	1°06
144 heures.	1 ^{er} prélèvement.	1°08
—	2° prélèvement.	1°09

Nous notons pour le cheval, comme pour le bœuf, une augmentation progressive de la concentration moléculaire. Si nous examinons comparativement les

deux résultats obtenus pour le bœuf (courbe n° 1), et pour le cheval (courbe n° 2), nous remarquons qu'à des températures de conservation à peu près identiques (10° dans le premier cas, et 12° dans le second),



la concentration moléculaire est à peu près la même si l'on prend soin d'examiner les morceaux à des périodes correspondantes depuis le moment de l'abatage. Il semble toutefois que le suc musculaire du bœuf augmente plus rapidement de concentration moléculaire. Il nous a été possible d'examiner également un morceau d'ailoyau de cheval, dont la carcasse était saigneuse. On sait que l'état saigneux des viandes caractérise les animaux qui ont été abattus au cours de maladies diverses : dans ces conditions, la saignée

classique s'effectue anormalement, il reste du sang dans les tissus en plus ou moins grandes proportions. Les carcasses d'animaux abattus d'urgence, ou sacrifiés *in extremis*, celles des animaux morts avant d'avoir été saignés, présentent aussi les caractères des viandes saigneuses. Ces viandes sont faciles à reconnaître : elles se présentent avec une coloration générale rosée, les vaisseaux et les capillaires sont gorgés de sang, parfois noir et coagulé ; on note des arborisations vasculaires dans le tissu conjonctivo-adipeux, les parenchymes sont gorgés de sang. Si l'animal a été laissé pendant longtemps en position décubitale, on note souvent de l'hypostase, et la congestion hypostatique est la règle chez les animaux morts avant la saignée. Enfin les séreuses pleurales et péritonéales participent à ces vascularisations anormales, et notamment les veines intercostales, visibles sous la plèvre, renfermant, elles aussi, du sang. Ces viandes qui sont toujours saisies en totalité, quelle que soit la cause de l'état pathologique, présentent le caractère commun de s'altérer avec la plus grande facilité : le sang qu'elles renferment joue le rôle de bouillon de culture, d'autant plus que, souvent, en raison des abatages clandestins auxquels elles sont soumises, l'éviscération a été plus ou moins tardive, permettant ainsi aux germes intestinaux de traverser les membranes digestives et de pénétrer dans la carcasse. Le morceau que nous avons pu examiner ne présentait encore aucune trace d'altération, mais le suc musculaire était plus abondant qu'à l'ordinaire et d'une coloration plus intense. Nous avons conservé ce mor-

ceau en glacière, et nous avons obtenu les résultats suivants :

Temps écoulé depuis l'abatage		Δ Observé
7 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°93
—	2 ^e prélèvement.	— 0°93
—	3 ^e prélèvement.	— 0°93
17 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°95
—	2 ^e prélèvement.	— 0°95
24 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°87
—	2 ^e prélèvement.	— 0°87
48 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°91
—	2 ^e prélèvement.	— 0°92
72 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°95
—	2 ^e prélèvement.	— 0°96
96 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°94
—	2 ^e prélèvement.	— 0°95
120 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°92
—	2 ^e prélèvement.	— 0°92
—	3 ^e prélèvement.	— 0°93

Ces résultats nous paraissent particulièrement intéressants par leurs irrégularités. En effet, suivant les prélèvements, on observe des différences assez sensibles et dans des sens différents, qui s'expliquent très bien si l'on admet que le tissu musculaire ne contient pas en tous ses points une quantité de sang identique: nous avons pu saisir pour les viandes complètement exsangues une variation progressive et très régulière avec le temps de la concentration moléculaire. Dans le cas particulier qui nous retient, nous n'observons

plus du tout cette régularité dans les transformations; celles-ci sont plus ou moins perturbées par la présence du sang, et nous touchons ici du doigt une des difficultés principales de l'étude physico-chimique du tissu musculaire. En effet, la saignée d'un animal ne ressemble jamais à la saignée d'un autre animal; dans chaque cas, reste dans la carcasse une quantité de sang qui n'est pas toujours et forcément la même. Il ne peut s'agir, pour certaines déterminations, comme celles du point de congélation, par exemple, de laver le muscle par voie vasculaire à l'aide de solutions, fussent-elles isotoniques. Dans les cas où la saignée est normale, on peut néanmoins, nous l'avons vu, établir certaines règles générales, et obtenir des résultats moyens toujours semblables à eux-mêmes. Il n'est pas possible de le faire dès qu'une saignée est incomplète ou mal pratiquée. Ces résultats ont néanmoins leur intérêt, et dans les cas de contestations, si fréquents, ils peuvent servir à étayer sur des bases chiffrées un jugement scientifique.

3° VIANDE DE CHÈVRE. — Nous avons pu examiner deux morceaux de chèvre; le premier était un morceau de gigot que nous avons laissé séjourner à l'air, à la température moyenne de 14°, en nous servant de la cloche pour éviter l'évaporation. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Temps écoulé depuis l'abatage	Δ Observé
17 heures. 1 ^{er} prélèvement.	— 0°84
— 2 ^e prélèvement.	— 0°84
23 heures.	— 0°86

42 heures.	1 ^{er} prélèvement.	— 0°86
—	2 ^e prélèvement.	— 0°86

Le deuxième morceau était taillé dans les muscles ilio-spinaux, que nous avons laissé séjourner à la glacière à la température de +10°, les résultats obtenus ont été les suivants :

Temps écoulé depuis l'abatage	Δ Observé
41 heures.	— 0°94
46 heures.	— 0°97
70 heures.	— 0°97

4° VIANDE PROVENANT D'AUTRES ANIMAUX. — Nous avons pu examiner également des viandes provenant d'autres animaux que nous avons achetés dans le commerce, notamment :

a) Un morceau de muscle ilio-spinal provenant d'une côtelette d'agneau. Le suc musculaire nous a donné un $\Delta = - 0°99$ dans deux déterminations successives ;

b) Un morceau provenant d'une épaule de veau, dont le Δ était égal à $- 1°05$;

c) Un morceau provenant d'un filet de porc. En ce qui concerne cet échantillon, nous avons pu obtenir moins de suc que pour les viandes d'autres animaux et le Δ observé était de $- 0°95$.

Nous avons pu examiner également le suc musculaire provenant d'un veau atteint de sclérose musculaire jeune vérifiée histologiquement. Le suc avait été obtenu par pression de différents fragments pro-

venant des principaux groupes musculaires (ilio-spiraux, anconés, ischio-tibiaux, jumeaux). Nous avons obtenu un $\Delta = - 1^{\circ}05$ comme moyenne de 3 déterminations effectuées 36 heures après l'abatage.

Discussion des résultats

Il résulte des expériences que nous avons réalisées que le suc musculaire des viandes de boucherie se congèle à une température inférieure au point de congélation du sérum sanguin qui est, on le sait, de $\Delta = - 0^{\circ}55$.

Le suc musculaire, bien qu'il ne représente pas un liquide normal de l'économie, mais un produit artificiel obtenu par pression, est donc *allotonique* et *hypertonique* par rapport au sérum sanguin. Nous insistons sur l'obtention artificielle du suc musculaire : le muscle se présente à nous comme une éponge, ou un citron, desquels on ferait sourdre par pression le liquide qu'ils renferment. Qu'un tel liquide ne présente pas toujours par rapport à lui-même des caractères d'identité chimique, cela se conçoit aisément puisque la pression exercée sur le muscle peut varier, de même que la résistance des fibres musculaires à cette pression. Il n'en reste pas moins qu'au point de vue physique la concentration moléculaire de ce suc représente à peu de chose près la concentration moléculaire des liquides qui servent de substratum à la partie figurée du muscle, et c'est ce qui fait l'intérêt de son étude. Nos résultats confirment

d'une manière parfaite ceux obtenus par BIDAULT (*Conservation de la viande et du poisson*, Baillière, éditeur, p. 371). Cet auteur, expérimentateur particulièrement soigneux et averti, déclare en effet :

« Dans plusieurs expériences, nous avons déterminé le point cryoscopique du suc musculaire du bœuf. Après l'abatage et pendant plusieurs jours, si la température de conservation se maintient entre 0° et + 4°, il peut être fixé à — 0°80. Au bout d'une dizaine de jours, et dans les mêmes conditions de conservation, le point cryoscopique descend vers — 1°. Puis il remonte un peu sous l'action simplificatrice des activités microbiennes. »

Nous sommes d'accord avec BIDAULT si nous tenons compte des conditions différentes dans lesquelles nous étions placés: nos expériences s'effectuèrent sur des viandes conservées à plus haute température. Dans ces conditions les phénomènes de maturation sont accélérés et nous obtenons une augmentation plus rapide de la concentration moléculaire. Les carcasses observées par BIDAULT étaient en réalité réfrigérées — et l'on sait que pour ces viandes la maturation se produit en une dizaine de jours, alors qu'à la température ambiante la viande mûrit en 24 ou 48 heures suivant la saison.

Nous contestons toutefois que les activités microbiennes fassent remonter le point de congélation : la logique indique, au contraire, que sous l'action des microbes de la putréfaction, le point de congélation doit continuer à descendre, traduisant par là une augmentation de la concentration moléculaire.

CONCENTRATION MOLÉCULAIRE DU SUC MUSCULAIRE.

— Nous pouvons donc établir comme valeurs extrêmes, chez le Bœuf et chez le Cheval, que nous avons particulièrement étudiés, — $0^{\circ}80$ et — $1^{\circ}10$, suivant le temps qui s'est écoulé depuis l'abatage et la température de conservation.

Ces données peuvent nous permettre de calculer la concentration moléculaire équivalente du suc musculaire.

Si nous remarquons qu'une molécule-gramme d'un corps non dissocié en ions, dissous dans 1.000 gr. d'eau (pratiquement 1 litre) provoque un abaissement cryoscopique de — $1^{\circ}85$, la concentration moléculaire du suc musculaire varie entre 0,8 et 1,10, c'est-à-dire entre 0,435 et 0,594.

1,85 1,85

Nous rappelons que la concentration moléculaire du sérum sanguin est de 0,297 seulement.

Si nous calculons la concentration de chlorure de sodium qui donnerait un abaissement cryoscopique équivalent, nous trouvons, en tenant compte de la dissociation de ce sel, et en admettant comme fixe son degré de dissociation, entre les concentrations limites observées :

— Que le sérum sanguin équivaut à une solution contenant approximativement 9 gr. de NaCl par litre.

— Que le suc musculaire, aussitôt après l'abatage, équivaut à une solution contenant approximativement 13 gr. de NaCl par litre.

Nous pouvons nous demander quelles sont les ma-

tières qui, en solution dans le suc musculaire, sont susceptibles de déterminer sa concentration moléculaire.

Les recherches que nous avons faites à ce sujet et les renseignements qu'a bien voulu nous fournir M. le Professeur Agrégé TAPERNOUX, qui veut d'ailleurs approfondir la question, nous montrent que la plus grande partie de la concentration moléculaire est due aux sels minéraux solubles : les chlorures de sodium et le potassium interviennent pour une petite part, mais leur dose, exprimée en NaCl, ne dépasse pas 2 gr. par litre. Le sel qui semble intervenir le plus est le phosphate bipotassique. On trouve également des traces de sulfates.

Interviennent aussi dans la concentration moléculaire les matières extractives, et notamment les bases azotées, comme la créatine et son éther oxyde interne, la créatinine ; les oxypurines (xanthine, hypoxanthine et acide urique), et les amino-oxypurines (guanine) ainsi que les bases mises en évidence par A. GAUTHIER et auxquelles il a donné le nom d'amphicréatine et de crusocréatine.

La taurine, que l'on trouve à l'état de traces n'intervient évidemment que fort peu.

Plus important est le rôle de l'acide lactique : on trouve dans le muscle un mélange des acides primaires et secondaires, et la quantité de cet acide augmente à mesure que l'on s'éloigne de l'abatage. Il provient du métabolisme des glucides dont il constitue un des termes normal de la désintégration. Enfin, il faut tenir compte, dans une certaine me-

sure, de la présence dans le suc musculaire des protides : myoalbumine et myohémoglobine, qui sont en faibles quantités ; on constate également la présence de peptones et d'acides aminés à l'état de traces. Le glucose n'est jamais rencontré qu'à l'état de traces, en raison des phénomènes de glycolyse.

CONCENTRATION MOLÉCULAIRE ET MATURATION. —

Nous avons vu que le point cryoscopique du suc musculaire s'abaisse depuis l'abatage jusqu'au moment où la viande, après avoir manifesté des signes de rigidité cadavérique, entre dans la période de *maturation*. Cet abaissement du point cryoscopique indique une augmentation de la concentration moléculaire du suc musculaire.

Depuis longtemps tous les auteurs sont d'accord pour donner le nom de *maturation* à des phénomènes particuliers dont la viande est le siège, et qui ont pour effet de donner à cet aliment des propriétés organoleptiques plus intenses et plus agréables, de telle sorte que l'on attend généralement que la maturation soit effectuée pour livrer la viande à la consommation. On dit alors que la viande est ressuyée et rassise. La période de maturation succède immédiatement à la période de rigidité cadavérique : elle est d'autant plus rapide à s'établir que la température de conservation de la carcasse est plus élevée. Elle s'établit différemment suivant les animaux, et suivant leur état de santé au moment de l'abatage. La viande arrivée à ce stade de son évolution se présente plus ramollie qu'au moment de la rigidité ca-

cadavérique ; le muscle devient plus tendre et plus friable, et sur la coupe, on voit sourdre une sérosité rosée, provenant de l'exsudation du myoplasme que l'on ne rencontre pas dans les muscles en rigidité. L'obtention du suc musculaire par pression se trouve facilitée. Au point de vue organoleptique, la viande rassise est plus tendre que la viande consommée en période de rigidité ; sa saveur est plus facile à apprécier quoique cependant moins intense qu'au moment de la rigidité. Si la consommation est trop tardive, la saveur diminue progressivement, en même temps que s'observent des modifications sur les graisses qui rancissent et sont saponifiées. Un juste milieu doit donc être gardé pour obtenir avec une tendreté maximum une saveur encore très prononcée.

Les causes de la maturation ont été diversement interprétées : la rigidité cadavérique, on le sait, correspond à une véritable coagulation de la fibre musculaire, à une insolubilisation complète, ou presque, des protides musculaires. HUGOUNNENQ a, en effet, montré qu'avant la rigidité, 87 % des albumines musculaires sont solubles dans le chlorure d'ammonium à 10 % alors qu'au moment où la rigidité s'est établie, 27 % seulement sont solubles dans le même dissolvant. Cet auteur corroborait ainsi les opinions de BRUCKE et de RICHET.

La maturation qui se produit après la rigidité a été expliquée par A. GAUTIER comme un phénomène d'autodigestion diastasique, mais PIETTRE, se fondant sur ses recherches négatives pour découvrir les diastases de la maturation, d'une part, et d'autre

part, sur le fait qu'il n'y a pas augmentation sensible du taux des peptones dans le suc musculaire, conclut que la maturation résulte plutôt de phénomènes d'ordre physique, de nature osmotique, provoquant une rupture des membranes de séparation des fibres musculaires. Il rapproche le processus de la maturation des phénomènes qui se produisent au cours de la décongélation des viandes, phénomènes qui nous semblent d'ailleurs différents.

Les constatations que, d'accord avec BIDAULT, nous avons faites concernant l'augmentation de la concentration moléculaire du suc musculaire au cours de la maturation, nous montrent que celles-ci — si elle n'est pas due à des phénomènes d'ordre chimique, s'accompagne cependant de réactions chimiques qui ont pour effet, soit de cliver de grosses molécules en molécules plus petites, soit de solubiliser — non pas à l'état de peptones — mais d'acides aminés, une partie des protides musculaires. En somme, la théorie chimique de la maturation nous paraît plus explicite que la théorie physique émise par PIETTRE ; d'ailleurs les phénomènes osmotiques qu'il signale ne peuvent s'expliquer que par des variations de concentration moléculaire, donc, en définitive, par des dédoublements chimiques.

Il est, par ailleurs, intéressant de souligner l'analogie qu'il y a entre la rigidité musculaire suivie de maturation et de coagulation du lait par la présure, suivie de la synérèse du caillot et de l'exsudation d'un lactosérum dont le point cryoscopique est toujours légèrement inférieur au point de congélation du lait primitif.

CONGÉLATION DE LA VIANDE. — L'industrie des viandes emploie de plus en plus les procédés de conservation fondés sur l'action stérilisante du froid : le froid ne tue pas les microbes, mais les plonge dans un état de vie latente empêchant les manifestations de leurs activités. L'introduction des techniques frigorifiques a complètement transformé les possibilités et les conditions de l'industrie des viandes : la viande n'est plus commercialement une denrée périssable dont l'abatage ne pouvait avoir lieu qu'aux lieux de sa consommation et au moment où celle-ci devait avoir lieu. En de nombreux pays, sur de nombreux points, on voit en pleine région de production éclore ces abattoirs industriels qui, traitant la viande par des procédés appropriés, peuvent assurer aux carcasses les longs transports nécessaires pour les amener aux centres de consommation. On utilise, soit la *réfrigération*, qui comporte une conservation à température comprise entre 0 et + 2°, soit la *congélation*, qui permet de conserver la viande plus longtemps, mais qui nécessite l'emploi de températures plus basses.

Lorsqu'on met à congeler une carcasse dans de l'air refroidi entre — 15° et — 20°, et qu'on prend la température interne de la viande, on voit celle-ci descendre progressivement une courbe régulière jusqu'à — 1°. A cette température, qui correspond, nous l'avons vu, à la température de congélation du suc musculaire, la viande commence à se congeler et la courbe forme un palier pendant quelques heures (24 heures environ), et au bout de ce temps, la tem-

pérature du quartier baisse à nouveau pour, finalement, venir à l'équilibre avec l'air de la chambre. On dit alors que la viande est congelée à cœur. Mais il reste néanmoins à son intérieur du liquide, sous forme de solution très concentrée. En effet, il faudrait atteindre, d'après PLANK et RICHARDSON, des températures inférieures à -30° pour réaliser la prise en masse du suc musculaire et pour obtenir le point *cryohydratique* de ce suc.

Ces faits, très souvent observés, sont en accord parfait avec les résultats expérimentaux que nous avons obtenus : le point cryoscopique est en effet la température à laquelle *débute* la congélation d'une solution.

CHAPITRE V

Conclusions

I. — L'étude du point de congélation du suc musculaire n'a pas été jusqu'à présent entreprise systématiquement. Cette étude est cependant susceptible de fournir de précieux renseignements en ce qui concerne la chimie, la physiologie du tissu musculaire, d'une part, et, d'autre part, elle peut permettre d'expliquer certaines altérations des viandes dont l'origine est actuellement considérée comme obscure.

II. — L'application des méthodes de la cryoscopie au suc musculaire s'effectue sans difficulté en prenant les précautions que nous avons indiquées pour l'extraction du suc et pour la détermination de son point cryoscopique.

III. — Chez tous les animaux de boucherie, notamment chez le bœuf et le cheval, le point de congélation du suc musculaire est compris entre $-0^{\circ}80$ et $-1^{\circ}10$.

IV. — Le suc musculaire est donc un liquide hypertonique au sérum sanguin et sa concentration

moléculaire est approximativement équivalente à celle d'une solution de chlorure de sodium qui contiendrait de 13 à 18 gr. de sel par litre. La concentration de la solution isotonique avec le sérum sanguin est de 9 grammes par litre seulement.

V. — Les composants du suc musculaire qui interviennent pour la plus grande part dans la concentration moléculaire, sont les sels, et surtout le phosphate bipotassique, les bases extractives azotées et l'acide lactique.

VI. — La concentration moléculaire du suc musculaire augmente depuis l'abatage jusqu'à la période de maturation, ce qui prouve que le processus de la maturation est un phénomène d'ordre chimique, et non physique, comme on l'a prétendu.

VII. — Cette augmentation graduelle de la concentration moléculaire est masquée au cours d'altérations diverses de la viande.

VIII. — La congélation industrielle de la viande débute exactement à la température représentant le point cryoscopique du suc musculaire.

Vu : *Le Directeur*
de l'Ecole Vétérinaire de Lyon,
Ch. PORCHER.

Le Professeur
de l'Ecole Vétérinaire,
A. TAPERNOUX.

Vu : *Le Doyen,*
JEAN LÉPINE.

Le Président de la Thèse,
Dr G. FLORENCE.

Vu et permis d'imprimer

LYON, le 4 Février 1931.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
JOSEPH GHEUSI.

Bibliographie

- A. STROHL. — *Leçons de Physico-Chimie à l'usage des médecins et des biologistes* (Masson, éditeur, 1930).
- LEONOR MICHAELIS. — *Manuel de technique de Physico-Chimie* (traduit de la deuxième édition par Chabanier et Labo-Onell, Masson, éditeur, 1923).
- G. WEISS. — *Précis de Physique biologique* (4^e édition, Masson, éditeur, 1919).
- L. HUGOUNNENQ. — *Précis de Chimie physiologique et pathologique* (4^e édition, Doin, éditeur, 1921).
- Ch. PORCHER. — *La constante moléculaire simplifiée (du lait) : étude critique sur sa valeur* (*Le Lait*, 1923, p. 364 et 447 et suivantes).
- A. TAPERNOUX. — Les relations entre l'acidité potentielle et l'acidité actuelle du lait (Chapitre I^{er}, *Thèse de doctorat vétérinaire*, Lyon, 1928).
- M. PIETTRE. — *Inspection des viandes et des aliments d'origine carnée* (Baillièrre et fils, éditeurs, 1921).
- C. BIDAULT. — *Conservation de la viande et du poisson* (Baillièrre, éditeur, 1927).

- A. MONVOISIN. — *La conservation par le froid des denrées périssables* (Dunod, éditeur, 1923).
- J. RENNES. — *Inspection des viandes* (2^e édition, Le François, éditeur, 1921).
- J.-P.-E. CAMUS. — *Variations du pH des viandes de boucherie* (Thèse de doctorat vétérinaire, Alfort, 1928).
- L. BROCHET. — *pH et inspection des viandes* (*Revue Générale de Médecine vétérinaire*, 15 août 1930).
-

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	9
CHAPITRE PREMIER. — Principes et applications de la cryoscopie.....	15
CHAPITRE II. — Le suc musculaire.....	25
CHAPITRE III. — La technique cryoscopique ap- pliquée au suc musculaire.....	31
CHAPITRE IV. — Résultat des expériences et dis- cussion	37
Conclusions	57
Bibliographie	59



IMP. BOSC FRÈRES & RIOU
42, QUAI GAILLETON
LYON



